

Univerzita Karlova

Filozofická fakulta

Ústav informačních studií a knihovnictví

Bakalářská práce

Čužnová Dominika

Design a nanotechnologie

Design and nanotechnology

Praha 2019

Vedoucí práce: Mgr. Dita Malečková, Ph.D.

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí bakalářské práce Ditě Malečkové za rady a připomínky. Dále bych chtěla poděkovat knihovnici Jitce Pořízkové za pomoc při zajišťování studijních materiálů a také dotazovaným odborníkům za ochotu při spolupráci.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně, že jsem řádně citovala všechny použité prameny a literaturu a že práce nebyla využita v rámci jiného vysokoškolského studia či k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze, dne

.....

Abstrakt

Tématem bakalářské práce bude definovat pojem nanotechnologie a další související termíny. Dále bude shrnut popis vývoje směru nanotechnologií v jednotlivých zemích a budou uvedeny příklady využití nanotechnologií z různých oblastí s důrazem na oblast designu a umění. Následně bude uvedeno porovnání tohoto směru a jeho využití u nás a ve světě. Cílem práce bude také utvoření závěru o postavení České republiky v tomto oboru.

Abstract

The main goal of this bachelor thesis is to describe the term nanotechnology and other related terms. It will include description of the development of this field in various countries and it will also introduce the use of nanotechnology in different areas, particularly in the area of art and design. The thesis will then compare the nanotechnology field in Czech Republic and the world. The goal of this thesis will also consist of forming a conclusion about the position of the Czech Republic in this field.

Klíčová slova:

nanotechnologie, nové materiály, nanoart, nanomateriály, nanotechnologie v umění, nanotechnologie a design, nové materiály a design, nové materiály a umění

Keywords:

nanotechnology, new materials, advanced materials, nanoart, nanomaterials, nanotechnology in art, nanotechnology and design, new materials and design, new materials and art

Obsah

1	Úvod.....	6
2	Nanotechnologie	8
2.1	Nanotechnologie ve světě	9
2.1.1	Velká Británie	10
2.1.2	Německo.....	10
2.1.3	Finsko a Švédsko	11
2.1.4	Francie	11
2.1.5	Spojené státy americké (USA).....	12
2.2	Nanotechnologie v ČR.....	13
2.2.1	Výzkum, vývoj a vzdělávání	13
2.3	Současnost nanotechnologie	15
3	Nové materiály	16
4	Rizika	18
5	Nanotechnologie a nové materiály v umění a designu	20
5.1	Příklady nanotechnologií v umění.....	20
5.1.1	Výstavy.....	27
5.2	Příklady nanotechnologií v designu.....	29
5.2.1	Architektura	29
5.2.2	Nanobarvy	32
5.2.3	Nanotextil	33
5.2.4	Sport	35
6	Nanotechnologie v kultuře	37
7	Porovnání světové a české produkce	38
7.1	Výzkum, vývoj a výuka	39
7.2	Nanoart.....	41
7.3	Design	42
7.4	Současný stav	43
8	Závěr	44
9	Seznam obrázků.....	46
10	Použité zdroje	47

1 Úvod

Cílem mé bakalářské práce bude definovat pojem nanotechnologie a další související termíny. Popíši vývoj nanotechnologie v jednotlivých státech a uvedu příklady využití nanotechnologií v různých oblastech se zvláštním důrazem na pole designu a umění.

Práce bude rozdělena na dvě části. První, teoretická část, bude zahrnovat definici pojmu nanotechnologie a popis vývoje a využití nanotechnologií v globálním a českém prostředí. Druhá část se soustředí na současný stav a prostřednictvím dotazníku, na který odpověděli čeští odborníci na nanotechnologii, zjistíme více jak o využití této technologie v českém prostředí, tak o možnostech porovnání se světovým vývojem. Tato část bude procházet několika kapitolami mé práce a nejvíce se bude soustředit v závěru, kde dojde k porovnání tohoto směru a jeho využití u nás a ve světě.

První kapitola se zabývá stručným vysvětlením pojmu nanotechnologie a ostatních navazujících termínů, které budou potřebné ke snazšímu čtení práce. Následně se kapitola zabývá vývojem, výzkumem a vzděláváním ve směru nanotechnologií v některých evropských zemích, USA a České republice. K závěru kapitoly se zmiňuji o současném stavu tohoto směru.

Ve druhé kapitole je stručně vysvětlena problematika materiálů a nových materiálů, které se hojně využívají nejen v oblasti designu. Příklady užití budou uvedené v navazující čtvrté kapitole.

V následující, třetí, kapitole jsou uvedena možná rizika, která se mohou při výzkumu jednotlivých nanotechnologických vynálezů a jejich následného využívání vyskytnout.

Čtvrtá kapitola pojednává o zapojení a využití nanotechnologií z hlediska umění a designu. V kapitole bude nastíněna historie zapojení nanotechnologií v umění a budou uvedeny příklady několika uměleckých děl, které tímto způsobem vznikly a budou také zmíněné výstavy, ve kterých lze díla nanoartu spatřit. Dále budou uvedeny také příklady využití tohoto směru v designové sféře. Uvedené příklady budou z velké většiny ze zahraničních zemí.

V předposlední, páté kapitole, bude nastíněno zapojení pojmu nanotechnologie v kultuře a vliv tohoto zapojení na tvorbu názorů na nanotechnologii.

Šestá, závěrečná kapitola je věnována porovnání stavu nanotechnologií v ČR s ostatními zeměmi. Samotné porovnání je rozděleno do několika kategorií. Jsou zde také

použity poznatky z kvalitativních dotazníků vyplněnými odborníky v oboru. Z poznatků je následně utvořen závěr o postavení ČR v oboru nanotechnologií.

2 Nanotechnologie

Koncept toho, co termín nanotechnologie představuje, popsal již v roce 1959 americký fyzik Richard Feynman na přednášce *There is plenty room at the bottom* na zasedání American Physical Society v Kalifornském technologickém institutu (Caltech). Dle Prnky (2001) Feynman uvedl, že bude možné vytváření materiálů a mechanismů na úrovni atomů, ovšem až k tomu bude k dispozici technika, která bude umožňovat manipulaci a měření „nano“ struktur.

Samotný termín nanotechnologie pak poprvé použil a definoval japonský profesor Taniguchi v roce 1974 na mezinárodní konferenci o výrobním inženýrství v jeho přednášce *On the basic concept of nanotechnology*. Definice nanotechnologie se od té doby značně rozšířila a taktéž se rozvinula v řadě oblastí.

Přestože Prnka (2004, s. 7) podotýká, že kvůli rozsáhlosti oboru neexistuje všeobecně uznávaná definice nanotechnologie, uvádí například definici z amerického programu Národní nanotechnologická iniciativa (NNI) jež zní: „*Nanotechnologie je výzkum a technologický vývoj na atomové, molekulární nebo makromolekulární úrovni, v rozměrové škále přibližně 1 – 100 nm. Je to též vytváření a používání struktur, zařízení a systémů, které mají v důsledku svých malých nebo intermediárních rozměrů nové vlastnosti a funkce. Je to rovněž dovednost manipulovat s objekty na atomové úrovni.*“

Další definice, kterou Prnka (2001, s. 7) uvádí, zní: „*Nanotechnologie je v podstatě nauka o materiálech v rozměrech nanometrů.*“

Jednu z posledních definic nanotechnologie, kterou zmíním, uvádí Shrbená (2012, str. 10), která definuje nanotechnologii jako „*projektování, charakterizace, produkce a aplikace struktur, zařízení a systémů řízením tvarů a rozměrů v nanometrické škále.*“

Nanotechnologie lze využít v mnoha oborech, největší zastoupení využití je především v oblasti průmyslu (stavebnický, automobilový, textilní), elektronice, inženýrství a lékařství. Dále se nanotechnologie využívá také v uměleckých směrech, čemuž se budou věnovat následující kapitoly.

Definice nanotechnologie se tedy může částečně lišit v jednotlivých oborech, ale podstata zůstává stále stejná. Nanotechnologie je interdisciplinární vědní oblast, jež se zabývá studiem, použitím a tvorbou technologií a materiálů v rozměrech nanometrů, a to v rozmezí 1 – 100 nm.

Dalším potřebným termínem, který zazní v následujících kapitolách, jsou nanomateriály. Shrbená (2012, str. 359) uvádí definici nanomateriálů přijatou dle předpisů Evropské unie, která zní: „*Nanomateriálem se v tomto doporučení rozumí přírodní materiál, materiál vzniklý jako vedlejší produkt nebo materiál vyrobený, obsahující částice v nesloučeném stavu nebo jako agregát či aglomerát, ve kterém je u 50 % nebo více částic ve velikostním rozdělení jeden nebo více vnějších rozměrů v rozmezí velikosti 1 nm – 100 nm.*“

Jeden z posledních pojmů, který se v práci také objeví, bude design. Ten více přiblížím v dalších kapitolách.

2.1 Nanotechnologie ve světě

V této podkapitole se budu věnovat popisu vývoje směru nanotechnologií a zájmu jednotlivých zemí na rozvoji a výzkumu tohoto oboru.

Zájem o podporu a výzkum nanotechnologií v zemích Evropské unie a ve Spojených státech amerických se začal postupně rozvíjet v devadesátých letech dvacátého století. V rámci Evropské unie a ve Spojených státech amerických existovalo několik programů pro podporu výzkumu směru nanotechnologií.

Ještě před vývojem v jednotlivých státech zmíním některé významné milníky, zejména z 80. a 90. let minulého století, které utvářely nanotechnologii od jejího definování v roce 1959.

Mezi tyto významné milníky se řadí vynález řádkového tunelového mikroskopu vědců z firmy IBM v Zürichu, který umožnil vidět individuální atomy a vytvořit jejich obraz. Dále se jedná o objevení kvantových teček v tomtéž roce, použití technologie k přesné manipulaci s atomy (vytvoření loga firmy IBM), objevení uhlíkových nanotrubic japonskou firmou NEC, vynalezení metody pro syntetizaci kvantových teček, vynález nanolitografie a v neposlední řadě zavedení nanotechnologie do spotřebního zboží na konci devadesátých let minulého století.

Další zajímavé nebo důležité objevy v nanotechnologiích, zejména ty, které se týkají zaměření na design a umění budou zmíněny v následujících kapitolách.

2.1.1 Velká Británie

Oblast výzkumu a vývoje ve Velké Británii je podporována ze státního i soukromého sektoru, od roku 1993 se na podpoře podílí sedm výzkumných rad řízených Úřadem pro vědu a techniku (OTA). Prnka (2001)

Co se podpory nanotechnologie týká, tak ta má v Británii již svou tradici. Prnka (2001) uvádí, že prvním programem pro podporu výzkumu tohoto vědního oboru, byl program zvaný *Nanotechnology*, který byl vyhlášen Radou pro výzkum fyzikálních a technických věd (EPSRC) již v roce 1989. Další vyhlašování programů zaměřených na tento obor pak trvalo průběžně do roku 1998.

Po ukončení těchto programů se ovšem nové již nevyhlašovaly. Prnka (2001) zmiňuje, že většina podpory a další programy a navrhované projekty byly nadále zařazovány do programů klasických vědních disciplín, jako je fyzika, chemie, atd. Svědčí o tom i fakt, že většina univerzit zaměřena na tyto klasické obory pak začala provádět výzkum právě nanotechnologií a nanomateriálů na svých ústavech.

V roce 2000 iniciovala nejen rada EPSRC, ale i Ministerstvo obrany aktivitu, která měla opět zvýšit úroveň výzkumu nanotechnologií v Británii. (Prnka, 2001) Po této iniciaci se v průběhu roku 2000 založily dvě výzkumná centra pro tento obor.

Velmi významný objev nastal v Británii v roce 2004, kdy se podařilo vědcům na Manchesterské univerzitě objevit grafen a jeho specifické vlastnosti, a to tak, že oddělili tenkou vrstvu uhlíku od grafitu. Za tento objev dostali v roce 2010 Nobelovu cenu za fyziku. (Discovery of graphene, c2018)

2.1.2 Německo

Oblast vývoje a výzkumu se v Německu rozděluje do dvou sektorů – sektor, kde probíhá výzkum a sektor sloužící k financování těchto výzkumů. Výzkum se pak provádí hlavně na vysokých školách, v hospodářské oblasti či v soukromých a státních neziskových organizacích. (Prnka, 2001)

Zájem o samotné nanotechnologie začal v Německu až na začátku devadesátých let. Prnka (2001) uvádí, že prvotní větší zájem měla organizace Verein Deutscher Ingenieure (VDI), která vydala několik informací a pořádala setkání s experty. Později přišla podpora výzkumu od institucí, zejména Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) a

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), dále pak přicházela podpora od organizací v soukromé sféře.

V roce 2001 byl dle Prnky (2001) na nejvyšší úrovni výzkum nanotechnologií v oboru chemie, v mechanice, optice a lékařství.

Německo velmi podporuje inovace a technologii, snaží se zajistit potenciál trhu s nanotechnologiemi a zůstat tak efektivním centrem v tomto oboru.

2.1.3 Finsko a Švédsko

Finsko a Švédsko patří podle Prnky (2001) mezi státy s největší podporou pro výzkum a vývoj. Ve Finsku se jedná hlavně o podporu ze strany soukromého sektoru, ve Švédsku pak jde podpora z veřejných prostředků, agentur a nadací.

V letech 1997 až 1999 probíhal ve Finsku program *Nanotechnologie*, v jehož rámci bylo řešeno 14 projektů. Díky tomuto programu byl proto výzkum nanotechnologií ve Finsku na velmi vysoké úrovni. V současné době je výzkum spíše rozdělen do klasických oborů vědy, ve kterých se pak výzkum nanotechnologií objevuje. (Prnka, 2001)

Hlavní podporu výzkumu nanotechnologií ve Švédsku poskytovala nadace Swedish Foundation for Strategic Research (SSF), již od roku 1994. V roce 2000, jak zmiňuje Prnka (2001), podporovala SSF výzkum v několika oblastech vědy, řada programů se zaměřovala právě na nanotechnologie a nanomateriály.

Významné švédské pokroky v oblasti nanotechnologií jsou například v práci s tzv. nanowires, či v použití zlatých nanočástic namísto silikonu při výrobě polovodičů. Snaží se také prokázat rozmanitost tohoto oboru.

2.1.4 Francie

Oblast výzkumu a vývoje ve Francii je řízena Ministerstvem výzkumu, zřízeného v roce 1997, které se dělí do dvou oblastí – oblasti výzkumu a oblasti technologií. (Prnka, 2001)

Výzkumem nanotechnologií se zabírají zejména organizace spadající pod první oblast. Prnka (2001) zmiňuje Národní centrum vědeckého výzkumu (CNRS), jež mělo několik programů věnujících se nanotechnologiím (většina výzkumu probíhá na univerzitách a vysokých školách). Dále se oblast nanotechnologií vyskytuje taktéž v Národním centru lékařského výzkumu a výzkumu zdraví (INSERM).

V druhé oblasti je výzkum podporován několika způsoby, Prnka (2001) zmiňuje například vytváření vědeckých center či výzkumných týmů.

V roce 2012 vytvořili francouzští vědci nano-stroje, které dokáží mimikovat lidský sval (jeho kontrakční pohyby), dále také například vymysleli váhu, která dokáže zvážit nanočástice a lidské protilátkové molekuly. Toto zařízení je prvním svého druhu. (Nanotechnology in France: Market Report, c2000-2019)

2.1.5 Spojené státy americké (USA)

Systém podpory výzkumu a vývoje v USA je velmi rozčleněný. Jak Prnka (2001) uvádí, velká část podpory je přidělována skrze agentury, kterých je ve Spojených státech opravdu mnoho. Mezi nejvýznamnější patří například Ministerstvo obrany (DOD), Národní ústavy zdraví (NIH), Národní správa pro letectví a kosmonautiku (NASA) či Národní nadace pro vědu (NSF). Také se podporují činnosti výzkumných center patřících pod různé organizace a činnosti univerzit.

Prnka (2001) tvrdí, že USA má v oblasti nanotechnologií dlouholetou tradici, ale novým podnětem pro pokračování rozvoje tohoto oboru bylo v roce 2001 vyhlášení *National Nanotechnology Initiative* – NNI jež bylo součástí federálního rozpočtu. Tato iniciativa také podnítila financování nanotechnologií vládou (a to nejen v USA).

Iniciativa NNI neměla za úkol pouze výzkum nanotechnologie, ale také vzdělávání budoucích pracovníků v této oblasti a zkoumání etických a právních aspektů nanotechnologie. (Prnka, 2001)

Iniciativa se postupně upravuje a modernizuje tak, aby vyhovovala nynějším podmínkám a objevům v nanotechnologiích. Kupříkladu se jedná o publikování strategie pro výzkum o zapojení nanotechnologií v životním prostředí, zdraví a bezpečnosti.

Významných objevů v oboru je v USA velmi mnoho, lze zmínit například objevy v lékařství (léčba rakoviny), elektronice, miniaturní 3D baterie, či výzkumy v aplikaci nanočástic.

Nanotechnologiím se úspěšně věnuje od počátku několik dalších zemí po celém světě, Prnka (2001) zmiňuje hlavně Japonsko, Čínu, Rusko, Kanadu, Austrálii, Španělsko, a tak dále.

2.2 Nanotechnologie v ČR

Podpora nanotechnologie v České republice přišla s určitým zpožděním ve srovnání s ostatními zeměmi západní Evropy a s USA.

Prnka (2004) uvádí, že první tři projekty podporující výzkum nanotechnologií byly podpořeny Grantovou agenturou v roce 1993. Větší prioritu dostal tento vědní obor v roce 2002, kdy byl vyhlášen Národní program výzkumu.

Česká republika je také součástí programů EUREKA a COST. EUREKA podporuje spolupráci mezi průmyslovými podniky a výzkumnými ústavy (Prnka, 2001) V roce 1995 byl tímto programem podpořen první nanotechnologický projekt. (Prnka, 2004)

COST je program o spolupráci států v oblasti výzkumu a vývoje, jehož členem se Česká republika stala v roce 1993. (Prnka, 2001)

2.2.1 Výzkum, vývoj a vzdělávání

Výzkum a vývoj nanotechnologií v České republice se uskutečňuje hlavně v Akademii věd ČR (AV ČR), na pracovištích univerzit a vysokých škol, příspěvkových organizacích resortů a v různých výzkumných organizacích soukromého sektoru. (Shrbená, 2012)

V České republice také velmi pomohl ve výzkumu nanotechnologií program *Nanotechnologie pro společnost* řízený akademií věd ČR. (Shrbená, 2012)

Shrbená (2012) uvádí, že výzkumem tohoto oboru v AV ČR se zabývá 29 ústavů a Technologické centrum AV ČR.

Výzkumem se dále zabývají také univerzity a vysoké školy. Zejména se jedná o fakulty přírodovědecké, lékařské, fyzické, matematicko-fyzikální, strojní a chemické. Na Masarykově univerzitě v Brně je od roku 2011 zřízené centrum excelence – Central European Institute of Technology (CEITEC), které se výzkumem v této oblasti také zabývá (Shrbená, 2012). V pozdějších letech vzniklo takovýchto center u nás více.

V rámci Technické univerzity v Liberci (TUL) vznikl v roce 2009 Ústav pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace. Na Technické univerzitě v Ostravě (VŠB) se provádí výzkum zejména v Centru nanotechnologií. (Shrbená, 2012)

Na Technické univerzitě v Liberci byl taktéž v roce 2006 vymyšlen významný vynález. Tým pod vedením profesora Oldřicha Jirsáka vymyslel zařízení na výrobu nanovláken. Nanospider, jak se toto zařízení nazývá, bylo prvním zařízením pro kontinuální

výrobu nanovláken na světě a bylo patentováno firmou Elmarco. (Vláknenné nanomateriály, c2019)

Z příspěvkových organizací resortů se výzkumem nanotechnologií, z pohledu designu, zabývá Textilní zkušební ústav, s. p. (TZÚ), jedná se o projekty na možnosti inkorporace nanočásticových materiálů do textilu. (Shrbená, 2012)

Výzkum dále také probíhá v mnoha pracovištích soukromého sektoru. Z hlediska designu lze zmínit společnosti jako je České technologické centrum pro anorganické pigmenty a.s., která se zabývá vývojem výroby titanové běloby a její aplikací ve výrobě nátěrových hmot, stavebních materiálů a v kosmetice či například společnost SPUR a.s., která se zabývá technologií výroby netkaných vláknových útvarů a jejich použití pro voděodolné oděvní materiály. (Shrbená, 2012)

Společností, které se zabývají výzkumem nanotechnologií v oblasti designu, je mnoho, většina se zabývá především využitím nanotechnologií ve výrobě barev, nátěrů či textilií.

Z oblasti výrobních podniků se jedná zejména o firmy vyrábějící nátěry, barvy s fotokatalytickou titanovou bělobou (př. Balakryl – Harfa Plus s.r.o.), firmy vyrábějící technický textil (Lanex a.s.), pracovní oděvy (Cleantex a.s.) a oděvy pro sportovní účely (Nanoprotex s.r.o.) či oděvy s antibakteriálními účinky (Nanospol, s.r.o.). Dále se jedná také o firmy používající nanomateriály v bílé technice (př. Ravak a.s.).

Důležitou organizací je také Česká společnost pro nové materiály a technologie (ČSNMT). Jedná se o dobrovolné sdružení členů, kteří mají bydliště v České republice. Tato společnost pořádá od roku 2009 mezinárodní konferenci NANOCON a řeší projekty zabývající se výzkumem nanotechnologií. (Shrbená, 2012)

Shrbená (2012) taktéž zmiňuje, že z hlediska vzdělávání v oblasti nanotechnologií je velmi důležitý mezioborový přístup a součástí by mělo být i poučení o riziku, které je s výzkumem nanotechnologií spojené.

Vzdělávání v této oblasti bylo v České republice zaznamenáno až po roce 2005, první univerzita, která nabídla program zaměřený na nanotechnologie, byla Technická univerzita v Ostravě. Během posledních let je snaha vysokých škol se zaměřením na techniku a přírodní vědy nabízet studijní programy věnující se nanotechnologiím čím dál větší a nabízí i rozšířenější programy. (Shrbená, 2012)

Z hlediska vzdělávání nanotechnologií v designu a umění je nutné zmínit Technickou univerzitu v Liberci, kde se tímto směrem zabývá textilní fakulta.

Významnou událostí v nanotechnologickém oboru u nás bylo také založení Asociace nanotechnologického průmyslu ČR v listopadu roku 2014. Tato asociace sdružuje firmy z různých odvětví (nanotechnologie je zde hlavní složkou podnikání) a jejím cílem je reprezentovat naše firmy na národní, ale i světové úrovni a to z hlediska výzkumu, vzdělání a obchodu. Asociace se taktéž podílí na různých projektech, kdy nejdůležitějším je vzdělávací projekt *Česko je nano*, který vznikl v roce 2015. (O nás – Nanoasociace, c2019)

2.3 Současnost nanotechnologie

Prudký vývoj nanotechnologií byl taktéž postupně dokumentován, což potvrzuje i Prnka (2004), jenž zmiňuje rychlý nárůst publikací v devadesátých letech dvacátého století a počet podaných patentů v této oblasti.

Výzkum nanotechnologií je v současné době nejvíce rozvinut ve všech průmyslově vyspělých státech (Prnka, 2004). Informace spojené s výzkumy či jinými specializacemi v oboru lze krom publikací jednoduše najít na internetových stránkách různých institucí, které se nanotechnologiemi zabírají. Dalším zdrojem informací o nanotechnologiích je taktéž nespočet pořádaných konferencí.

Výzkum nanotechnologií v zemích EU, USA či Japonsku je dle Prnky (2004) nadále rozsáhle podporován z veřejných a soukromých prostředků.

V oblasti výzkumu taktéž dochází k internacionalizaci. Ke spolupráci dochází mezi státy, či mezi jednotlivými seskupeními – příkladem je National Science Foundation (NSF), kde spolupracuje USA s EU, Japonskem aj.; nebo EU s Čínou. (Prnka, 2004)

Prnka (2004) taktéž zmiňuje, že výzkum nanotechnologií je nejvíce orientován na chemickou výrobu, biologii, elektroniku a materiály.

Shrbená (2012) zmiňuje, že je tento obor považován za jednu z hlavních technologií 21. století, jelikož má možnost vyřešit problémy ohledně vlastností různých materiálů a systémů a v určitých případech je i vylepšit. Tato interdisciplinární věda se ovšem rychle rozvíjí a mění a je tedy důležité nadále, vedle výzkumu a vývoje, vzdělávat a kvalifikovat příslušné odborníky.

3 Nové materiály

Před tematikou nových materiálů ještě stručně přiblížím materiály jako takové. Materiály se rozdělují do několika tříd, mezi nejtradičnější pak patří materiály kovové, keramické, polymerní, kompozitní, elektronické, biomateriály a nanomateriály.

Kovové materiály se skládají z jednoho či více kovových prvků, v některých případech i z prvků nekovových. (Ashby, 2009) Mezi důležité vlastnosti těchto materiálů patří dobrá tepelná a elektrická vodivost a také tvárnost.

Keramické materiály jsou složeny z nejméně dvou různých prvků a rozdělují se na materiály s iontovou povahou (mix kovových a nekovových částic) a materiály s kovalentní povahou (mix nekovových částic). Mezi jejich vlastnosti patří tvrdost, křehkost, izolace a odolnost vůči korozi. (Ashby, 2009)

Polymerní materiály se skládají z dlouhých molekul sestávajících se z mnoha organických atomů. Dělí se na polymery přírodní (dřevo, guma), biopolymery (enzymy) a syntetické polymery (teflon). Jejich vlastnosti se mění dle přidání či odebrání jednotlivých molekul, obecně jsou však dobrými izolátory a jsou odolné vůči korozi. Do této oblasti patří i plasty, které přichází s celou škálou dalších vlastností. (Ashby, 2009)

Kompozitní materiály jsou tvořeny ze dvou či více materiálů s odlišnými vlastnostmi a spojením vytvoří materiál s úplně novými vlastnostmi. Tyto materiály jsou založeny na kovových, keramických nebo polymerních matricích. (Ashby, 2009)

Elektronické materiály mohou zahrnovat všechny materiály zmíněné dříve, ale tento termín hlavně popisuje materiály, které mají polovodičové vlastnosti. Asi nejdůležitějším materiálem je silikon, který je využit prakticky ve všech elektronických komponentech. (Ashby, 2009)

Biomateriály zahrnují všechny materiály, které mají tu možnost napodobovat, rozšířit či nahradit biologickou funkci. Jsou pak využívány v protézách, implantátech a chirurgických nástrojích. (Ashby, 2009)

Nanomateriály pak zahrnují všechny materiály již zmíněné výše, pokud jsou ovšem složeny z konstrukčních součástí v nano rozměrech.

Samotné vlastnosti těchto materiálů se pak dělí na mechanické, tepelné, elektrické, magnetické, optické a akustické.

Do mechanických vlastností se řadí zejména tvrdost a pevnost, tepelné vlastnosti zahrnují tepelnou kapacitu, vodivost a roztažnost materiálu a z elektrických vlastností jde hlavně o vodivost a izolaci. (Ashby, 2009)

Dříve oddělené obory, zabývající se těmito materiály, se začaly ovšem čím dál více prolínat a zformoval se tak nový vědní obor materiálového inženýrství. Tento obor se zabývá vztahy mezi složením, výrobou a vlastnostmi materiálů. Za pomoci několika dalších vědních odvětví se tak mohou vytvořit speciální struktury materiálů, nové a vylepšené vlastnosti a tím pádem i úplně nové materiály. (Bednář, 1991)

Právě nanotechnologie jsou do těchto změn zapojeny ve velkém zastoupení. Jedná se obzvláště o změny ve vlastnostech materiálů (použití nanočástic ke zpevňování materiálů), dále o modifikace vlastností různými nátěry používající nanostruktury. Zejména se ovšem jedná o objevování zcela nových vlastností u výše uvedených materiálů.

Prnka (2004) zmiňuje možnost zlepšení výkonnostních vlastností materiálů v extrémních podmínkách, což lze využít zejména v letectví a kosmonautice. Velké zastoupení nových materiálů z hlediska designu je většinou v textilním odvětví, ve výrobě nátěrů a barev a dalších materiálů. Více příkladů je zahrnuto v následujících kapitolách.

4 Rizika

S nanotechnologiemi, nanočásticemi a zejména se samotnou výrobou nanomateriálů přichází kromě pozitivních výsledků (úspora materiálových zdrojů, redukce spotřeby energie, zlepšení v oblasti životního prostředí) i mnohá rizika. Jelikož ovšem nanotechnologie představuje nabídku nových technologických možností, není u nich vždy snadné předpovědět nežádoucí důsledky, které mohou mít. Chyba je také ovšem na straně uživatelů, kteří rizikům spojeným s nanotechnologiemi nevěnují dostatečnou pozornost.

Prnka (2004) zmiňuje, že budoucí vývoj tohoto směru může způsobit nutnost zavedení bezpečnostních opatření (ať už z hlediska zdravotního systému státu nebo jeho obrany) nebo regulace výroby a spotřeby dotčených produktů, či jejich úplný zákaz.

Vyvstávají také otázky ze strany možných zdravotních, ekologických, sociálních a etických rizik, které mohou nanotechnologie přinášet.

Prnka (2004) například uvádí možné nežádoucí účinky nanočástic použitých u léčiv či v kosmetice, nebo částic použitých při výrobě materiálů na různé produkty nebo pro údržbu životního prostředí. Zde je nutnost sledovat možnost vzniku či úniku kontaminujících látek. Některé nanočástice totiž snadno pronikají do organismu živočichů (vdechnutí, konzumace, dermální expozice) a jsou uvnitř aktivnější, než částice velké, dochází tak v některých případech k poškození organismu.

Nanočástice se také snadno hromadí a přetrvávají v životním prostředí. Vyvstává tak otázka o zdravotních a ekologických rizicích nanočástic a odpadů s nimi spojených. Toxicita nanočástic ovšem taky závisí na několika faktorech, hlavně na jejich koncentraci a na době vystavení těmto částicím.

Mezi sociální rizika se pak řadí i změna tradičního průmyslu a nahrazení lidské pracovní síly technologiemi, jež nanotechnologie neustále vylepšují. Dalším, ovšem ne tak znepokojujícím rizikem, je spojitost s umělou inteligencí.

Etická rizika pak plynou z možností zneužití nanotechnologií, především ve vojenství a lékařství, či z nespravedlivé dostupnosti vynálezů této vědy. Grunwald (2005) například zmiňuje etickou otázku z hlediska dostupnosti nových léčebných metod pro veřejnost, jelikož se dá předpokládat, že použití nanotechnologií v lékařství bude nákladné. Ne každému pak bude možné nabídnout lékařské metody, obohacené touto technologií. Tato otázka spravedlnosti již ovšem provází většinu moderních technologií.

Prnka (2004) uvádí, že jedním z důležitých rozhodnutí v ohledu na etická i sociální rizika, je pak zahrnutí možných dopadů těchto rizik do výuky nanotechnologií.

Předejít těmto rizikům nanotechnologií se snaží lidé především pomocí důslednějšího testování při výzkumech, výuky a zavedením regulací. Ashby (2009) zmiňuje, že v USA a Evropě již bylo několik konferencí zaměřených právě na téma nanotechnologií a jejich rizik. S výzkumem nanotechnologií jsou často obeznámeni i umělci, kteří se v některých případech snaží poukázat na obavy, které mohou v tomto směru vzejít, a poučit tak širokou veřejnost, což je také jeden z důvodů, proč pořádají různé výstavy či akce.

5 Nanotechnologie a nové materiály v umění a designu

S neustálým vývojem nanotechnologií se začalo také zkoumat využití nanotechnologií z jiného hlediska, než jen toho vědeckého. Nanotechnologie se začaly využívat také v oblasti umění a designu, což uvedu v následujících podkapitolách spolu s příklady děl z této oblasti.

5.1 Příklady nanotechnologií v umění

Již před mnoha lety používali lidé k umění technologie a různé materiály, jimž úplně nerozuměli nebo nevěděli, co vlastně tyto materiály obsahují. Jednalo se tak o první příklady umění s nanočásticemi, i když jejich využití bylo nevědomé.

Ve střední Americe syntetizovali Mayové tzv. mayskou modř, která je složena z nanoporézního jílu a barvy indiga. Tato směs vytvořila hydrofobní pigment, který způsobí, že si modř udrží svou pigmentaci a barva je tedy zachovalá i po několika letech. (Yetisen, 2016)

Ve středověku se využívala barevná skla k výzdobě různých staveb, přestože toto zabarvení nebylo ještě vědecky objasněno. Ashby (2009) uvádí, že tyto obarvení způsobují kovové nanočástice, které jsou zakomponované uvnitř skla.

Příčinou změny optických vlastností skla je změna velikosti zakomponované částice v materiálu. Když je částice zredukována do nano rozměrů, změní se i její vlastnosti – v tomto případě hlavně barva. Dochází k tomu, že velikost částice materiálu je velmi blízká velikosti vlnové délky světla, což znamená, že způsob, jakým je barva reflektována závisí na tvaru a velikosti samotných nano částic obsažených ve sklu. (Ashby, 2009)

Ashby (2009) zmiňuje například zakomponování sloučeniny oxidu kobaltu do skla při jeho výrobě, což způsobí, že se sklo zbarví do tmavě modré barvy. Naopak přidáním částic křemíku se sklo zbarví do červena. Takto zabarvená skla jsou například vidět v katedrále Chartres ve Francii nebo v rozetě v katedrále Notre Dame.

Dalším příkladem využití nanočástic je tzv. *Lycurgus cup*, který je zobrazen na obrázku 1. Nanočástice zlata obsažené v tomto poháru způsobí změnu barvy v závislosti na zdroji světla. Když se zdroj světla nachází uvnitř poháru, je pohár červený. V opačné situaci, tedy když je zdroj světla zvenčí, je pohár zelený. Ashby (2009) vysvětluje, že tento jev je příkladem povrchové plazmové rezonance.



Obrázek 1 - Lycurgus cup

Zdroj: M.F. Ashby

Nanočástice se také využívají při rekonstrukci uměleckých děl (zejména fresky, malby, aj.). Ashby (2009) uvádí například obohacení rekonstrukční techniky „Ferroni-Dini“ neboli techniky barya, nanotechnologiemi. Podstatou této techniky je nahrazení degradované vrstvy uhličitanu vápenatého.

Výzkumní pracovníci z Center for Colloid and Interface Science (CSGI) na Florentské univerzitě prozkoumali použití nanočástic hydroxidu vápenatého při rekonstrukci děl a zjistili, že zmenšení částic změní fyzické a chemické vlastnosti tohoto hydroxidu a umožní jeho lepší prostoupení do pórovité struktury nástěnných maleb a zlepší tím soudržnost malovaných vrstev. Tento proces pak také v podstatě nahradí vrstvu uhličitanu vápenatého, který v průběhu času degradoval. (Ashby, 2009)

Ashby (2009) také zmiňuje, že podobné metody jsou používány taktéž při obnově textilií, papíru a dřevěných objektů.

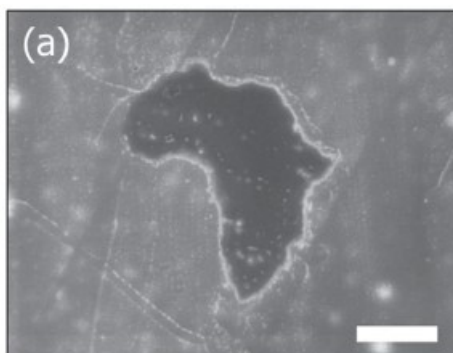
Interakce mezi vědci a umělci není častá a stále se teprve dostává v povědomí širší veřejnosti. Yetisen (2016) zmiňuje, že mnoho organizací proto inicializuje programy, které by mohly podnítit spolupráci těchto dvou odvětví. Jako příklad uvádí spolupráci Kalifornské univerzity, jejíž Art/Sci Center je sdružená iniciativa School of the Arts a California NanoSystems Institute (CNSI). Toto centrum propaguje kolaboraci mezi uměním a nanovědou a organizují také různé události a výstavy. (Yetisen, 2016)

S příchodem začleněním digitálních fotoaparátů do mikroskopů byla umožněna vizualizace morfologie nanomateriálů, což následně umožnilo vytvořit nové médium pro umělecký projev. (Yetisen, 2016)

S novými možnostmi, které věda postupně začala umožňovat, se tedy začal vyvíjet i nový směr v umění. Mohl tak vzniknout nanoart, termín tvořený ze dvou slov „nano“ a „art“, který představuje skloubení vědy o nanotechnologiích s uměním.

Yetisen (2016) vysvětluje, že tvorba nano artu zahrnuje zhotovení struktury ovládnutím organizace materiálů pomocí chemických či fyzikálních procesů nebo objevem nanostruktur; dále vizualizaci nanostruktur pomocí mikroskopu a samotnou uměleckou interpretaci.

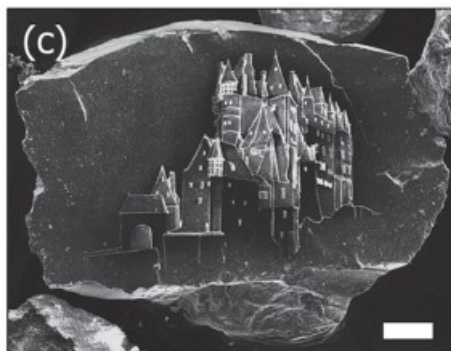
Jedním z prvních příkladů nanoartu, který Yetisen (2016) uvádí, je dílo Alessandra Scaliho a Robina Goodea v kolaboraci s Fabriziem Pirri z Polytechnické univerzity v Turíně z roku 2007, zobrazené na obrázku 2. Toto dílo, pojmenované *Actual Size*, ukazuje mapu Afriky, která je vyleptána oxidační litografií na křemíkové desce pomocí 10 nm širokého



Obrázek 2 - Actual Size Zdroj: Ali K. Yetisen

hrotu atomového silového mikroskopu. Vytvořením tohoto díla chtěli autoři také upozornit na současný stav Afriky.

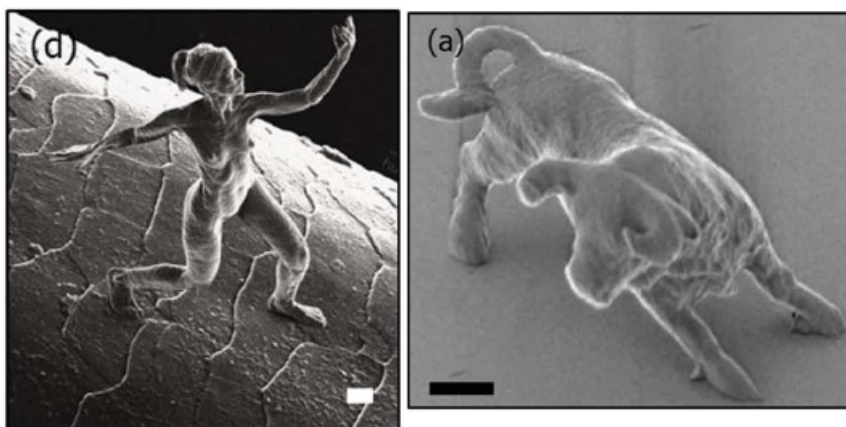
Dalším uvedeným příkladem litografického díla, zobrazeným na obrázku 3, je dílo Marcela Coelho a Vika Munize, kteří využili metodu frézování iontovým paprskem (FIBM) a nakreslili tak německý zámek Eltz na zrno písku. Obraz hradu byl na zrno písku promítnut pomocí „camera lucida“, tzv. světlé komory, která zobrazí promítaný objekt na materiál a umožní tak umělci tento obraz obkreslit. V tomto případě byl promítnutý obraz hradu vyfrézován. (Yetisen, 2016)



Obrázek 3 - zámek Eltz Zdroj: Ali K. Yetisen

Díla nanoartu také vznikají pomocí dvoufotonové polymerace, což zahrnuje prostorově řízenou 3D fotopolymeraci UV absorbující pryskyřice v hloubce ostroži blízkého infračerveného laserového paprsku. Díla vytvořená tímto způsobem mají omezené rozlišení (150nm). (Yetisen, 2016)

Příkladem takovéto polymerace je socha *Bull* nebo socha *Trust*, obě na obrázku 4. Socha *Trust* byla vytvořená Jonty Hurwitzem v kolaboraci se Stefanem Hengsbachem z Technologického institutu v Karlsruhe a s Yehiamem Priorem z Weizmannova institutu věd v Izraeli. Tato socha je vytvořena na lidském vlasu (Yetisen, 2016). Sochu *Bull* vytvořili

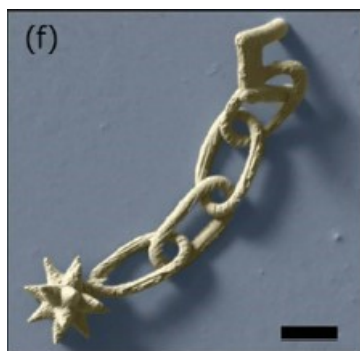


Obrázek 4 – Trust a Bull

Zdroj: Ali K. Yetisen

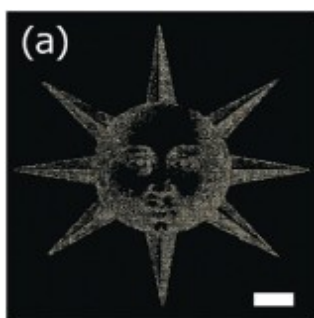
vědci v Japonsku v roce 2001, jedná se také o úplně první dílo nanoartu.

Yetisen (2016) také zmiňuje, potencionální využití proteinových materiálů v umění. Zde se taktéž jedná o využití multifotonové litografie. Vědci z Texaské univerzity v Austinu vyvinuli činidlo na proteinové bázi s vysokou viskozitou, které jim pak umožnilo vytvářet 3D struktury. Na obrázku 5 lze vidět dílo na proteinové bázi, které vzniklo pomocí sekvence obrázků promítnutých skrze digitální mikrozrcátkovou jednotku (DMD) a následně rastrově vybroušeno pomocí laserového paprsku. (Yetisen, 2016)



Obrázek 5 - Zdroj: A.K. Yetisen
Proteinové dílo

Dalším způsobem vzniku nanoartu je použití nanočástic při jeho tvorbě. Příkladem takového způsobu je obraz slunce, na obrázku 6, vytištěného pomocí zlatých nanočástic, které slouží jako inkoust, na drážkovanou plochu. Obraz obsahuje 20 000 zlatých nanočástic o průměru 60 nm a tiskl se dvanáct minut. (Yetisen, 2016)



Obrázek 6 - Slunce Zdroj: Ali K. Yetisen

Příkladem využití nanočástic v umění je také kapalina ferrofluid. Tato magnetizovatelná tekutina obsahuje nanočástice oxidu železa. Yetisen (2016) uvádí jako příklad dílo umělce Fabiana Oefnera, jenž vytvořil obraz připomínající „millefiori“ za pomoci kapaliny ferrofluid a vodovek. Millefiori je technika, která tvoří dekorativní vzory. Tato technika se používá většinou na skleněná díla, ale v poslední době se také využívá na ostatní materiály, hodně je například využívána FIMO hmota.

Oefner ve svém díle využil faktu, že je ferrofluid hydrofobní a vodovky, které na své dílo použil, se tedy uzavřely v různých tvarech ohraničených právě touto kapalinou. Dílo lze vidět na obrázku 7.



Obrázek 7 - Millefiori

Zdroj: Ali K. Yetisen

Jako jeden z posledních příkladů nanoartu zmiňuje Yetisen (2016) dílo *Nanobama* od A. John Harta a jeho kolegů. Toto dílo, zobrazené na obrázku 8, vzniklo v roce 2008 a mělo reflektovat události odehrávající se v USA. Dílo je složené z vertikálně uspořádaných uhlíkových nanotrubic do podoby Baracka Obamy. Počet použitých uhlíkových nanotrubic je cca 150 milionů, což reflektuje počet Američanů, kteří odvolili v roce 2008 v prezidentských volbách. Mediální rozšířenost tohoto díla indikovala, jak by kombinace technologie a populárního zájmu mohla pomoci k rozvoji veřejné diskuze o vědních oborech. (Yetisen, 2016)



Obrázek 8 - Nanobama

Zdroj: Ali K. Yetisen

Nanoart také nabízí mnoho děl, které se většinou skládají z elementárních struktur atomů a dohromady pak tvoří krajiny či různá pole květín v rozměrech nanometrů. Některá díla se poté digitálně zabarví, aby květiny byly lépe rozpoznatelné (Yetisen, 2016).

Nanoart se ovšem neskládá pouze z jednotlivých obrazů. V roce 2013 vytvořili vědci z IBM nejmenší filmový snímek fázové animace na světě. Tento filmový snímek je dokonce uveden i v Guinessově knize rekordů.

Film pojmenovaný *A Boy and His Atom* vytvořili vědci Nico Casavecchia, Andreas Heinrich a Christopher Lutz společně se svým týmem ve výzkumném zařízení IBM. Tento

krátký film vykresluje chlapce, který se spřátelí s jedním atomem. Následně si spolu oba hrají různé hry.

Filmový snímek vznikl pomocí řádkového tunelovacího mikroskopu, který umožnil jednotlivě hýbat molekulami oxidu uhelnatého po měděném povrchu na konkrétní místo. Po dosažení chtěného umístění molekuly se snímek uložil. Tímto způsobem se postupovalo dál, až nakonec mohl vzniknout filmový snímek s příběhem. Mikroskop tento snímek zvětšil sto milionkrát. (Moving Atoms: Making The World's Smallest Movie)

Z vědeckého hlediska byl cílem výzkum možnosti ukládání dat v měřítku atomů, vědci ovšem také chtěli zaujmout veřejnost a inspirovat mladé lidi ke studování vědy.

Díla, která byla v této kapitole uvedena, byla z velké části ze zahraniční tvorby. Je tomu tak především kvůli tomu, že česká tvorba nanoartu nemá tak rozsáhlé zastoupení. Proto z české tvorby zmíním jen několik zástupců.

Mezi naše nejznámější umělce patří Pavel Kopřiva, který ve spolupráci s Technickou univerzitou v Liberci vytvořil dílo *Nanoface*, což je obraz vytvořený ze snímků nanovláken zachycených pomocí elektronového mikroskopu a následně "oživený" zpracováním do videa. Pomocí polopropustného zrcadla, které bylo použito na výstavě díla, pak dochází k prolínání divákova obličeje do krajiny nanovláken a dochází tak k propojením diváka s obrazem. (Kopřiva)

Dalším českým umělcem nanoartu, kterého zmíním, je Linda Čihařová. Ta doplnila fotografie z elektronového mikroskopu svými digitálními kresbami. Tyto obrázky jsou součástí jejího projektu *Nanospolečenství*. (Nanospolečenství)

Jedním z posledních zastupitelů českého nanoartu, kterého zmíním, je Irena Jůzová, která vytvořila například obraz *Kolem nás v nás*, jenž se skládal z písmen vytvořených pomocí nanovláken.

Tito umělci byli také v roce 2009 součástí výstavy v rámci projektu NanoSKOP uspořádaném občanským sdružením Uskupení Tesla. Cílem tohoto projektu bylo přiblížení vědeckých objevů, popularizování vědy pomocí umění a upozornění na konference o nanotechnologiích, které se v České republice v době výstavy konaly.

5.1.1 Výstavy

S uměním přirozeně souvisí i s ním spojené výstavy a proto se umění vytvořené za pomoci nanotechnologií taktéž vystavuje v různých galeriích. Dochází k tomu většinou skrze soutěže, jejichž výherci se pak ve výstavách ocitnou.

5.1.1.1 NANO

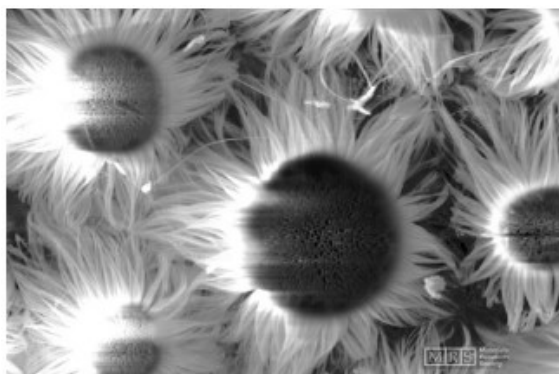
Mezi jedny z těchto výstav patří například výstava NANO. Tato výstava byla poprvé představená veřejnosti v Los Angeles County Museum of Art (LACMA) v roce 2003. Byla vytvořena umělkyní Vicorií Vesna a vědcem Jamesem Gimzewskim. Výstava měla „rozbit“ hranice mezi uměním a nanotechnologiemi za účelem pomoci pochopit návštěvníkům jak mohou přispět k vědecké a kulturní produkci. (De Ridder-Vignone, 2012)

Návštěvníci si mohli vyzkoušet, jaké to je manipulovat s materiály po jednom atomu či pracovat s neviditelnými objekty. Výstava neměla žádný daný směr, návštěvníci se mohli volně pohybovat a sami si vybrat, co vyzkouší. Výstava NANO nebyla vytvořena za účelem vzdělání o nanotechnologii či o sociálních a etických rizicích tohoto oboru, ale jako zážitek, který propagoval dohady a domněnky o měřítku, velikosti, kontrole a přístupu a tím pádem pomohl návštěvníkům vytvořit si vlastní představu o tom, co může přinést nanotechnologie do budoucna. (De Ridder-Vignone, 2012)

5.1.1.2 The Material Research Society

Dalším příkladem v oblasti výstav je společnost The Material Research Society (MRS), která od roku 2005 sponzoruje soutěž Science as Art a vystavuje nanotechnologická díla na svých pololetních zasedáních. (De Ridder-Vignone, 2012)

Výstava vyjadřuje oddanost společnosti vůči veřejnému zapojení a prezentování budoucnosti nanotechnologií skrze výstavu esteticky přitažlivých obrazů. Na zasedání společnosti se pak



Obrázek 9 - Field of Sunflowers Zdroj: Ali K. Yetisen

vybírají vítězné obrazy ze soutěže, které se dále publikují na internetu. Většina děl ze Science as Art je dostupná jen v digitální podobě. (De Ridder-Vignone, 2012) Jedním z vítězných obrazů této soutěže je například *Field of Sunflowers*, na obrázku 9, nebo *Spaghetti and meatballs*. De Ridder-Vignone (2012) taktéž zmiňuje, že díla jsou tvořena vědci, ne umělci.

5.1.1.3 NanoArt21

Posledním z příkladů v rámci výstav, které uvádím, je NanoArt21, což je každoroční mezinárodní výstava organizovaná vědcem a umělcem Crisem Orfescem. Výstava se skládá z děl Crise Orfesci a z děl vítězů umělecké online soutěže. Díla se následně vystavují v galeriích. (De Ridder-Vignone, 2012)

Orfescu výstavami také zdůrazňuje, že nanotechnologie hrají ve společnosti důležitou roli a skrze výstavu nanoartu je veřejnosti umožněno se zapojit do hodnocení budoucích rizik, která mohou nanotechnologie také představovat. Důležitým aspektem výstavy je však i poskytnutí místa pro prezentaci své práce pro další nano-umělce a tím tak podpořit hnutí nanoartu. (De Ridder-Vignone, 2012)

NanoArt21 na rozdíl od MRS, která neodděluje umění od jeho vědeckého původu, konstatuje, že umělci mají pravomoc samostatně formulovat a vykládat informace a zobrazení nanotechnologií. (De Ridder-Vignone, 2012)

Je nutné zmínit, že NanoArt21 již měla výstavy v galeriích ve Finsku, Německu a v České republice.

5.2 Příklady nanotechnologií v designu

Než rozeberu jednotlivé příklady využití nanotechnologií v tomto směru, přiblížím ještě pojem samotného designu.

Bürdek (2015) uvádí, že design je určitý plán, který je vymyšlen pro něco, co má být realizováno (produkt, budova, atd.) či první grafický návrh pro umělecké dílo. Pojem design nepopisuje ovšem jen plány produktů, které mají být realizovány, ale občas také samotné výsledné produkty.

Obor designu pak zasahuje do několika oblastí, ať už se jedná o design materiálů, produktů, módní design, průmyslový design, architekturu, grafický design či mnoho dalších.

Pro použití nanomateriálů v designu je důležité nejdříve rozhodnout, co vlastně bude navrhováno. Může se jednat o produkty každodenního použití, architekturu či módní návrhářství a tak dále.

Ashby (2009) zmiňuje, že z každého takového hlediska je nutné nejdříve zmapovat cíle projektů a různé požadavky, které musí být ve výsledném produktu splněny (jedná se třeba i o samotnou selekci typu materiálu).

Dle Ashbyho (2009) je z hlediska designu, ať už produktů či budov, nutné uvážit vlastnosti používaných materiálů, a to hlavně technické kvality (síla, elasticita, vodivost, aj.), smyslové vlastnosti (vizualita, hmatový pocit, atd.), zdravotní kvality a environmentální kvality.

Nanotechnologie a nanomateriály umožňují rozšíření či zdokonalení některých vlastností a kvalit materiálů používaných při designu. Ashby (2009) ovšem také zmiňuje, že tato vylepšené materiály mohou mít i negativní stránku, zejména z ohledu životního prostředí a ekonomiky.

5.2.1 Architektura

Při designu budov je nutné zapojit několik expertů z různých profesí. Nanotechnologie a nanomateriály mohou být využity zejména v zařízeních, systémech a sestavách budov.

Dle Ashbyho (2009) je při designu budov nutné vzít v potaz i prostředí, jak z vnější stránky, tak i ze stránky vnitřní. Ve výstavbách budov a v produktech se profesionálové většinou zaobírají prostředím vnitřním. Mezi vnitřní prostředí, ve kterých lze v budovách nanotechnologie využít, patří tepelné, zvukové, mechanické a chemické prostředí a osvětlení,

v některých případech prostředí elektromagnetické (čipy, baterie a solární panely založené na nanotechnologii). Důležitou roli v designu hraje taktéž hlavně povrch produktů, na který se dají následně aplikovat různé nanomateriály (zejména nanonátěry).

Z hlediska osvětlení a zvukového prostředí zmiňuje Ashby (2009) použití nanotechnologie v optických a QLED displejích, nanovrstvách sloužících k reflexi a absorpci světla či zvýšení jasu. Z oblasti zvuku jsou to pak mikrofony a reproduktory.

V mechanickém prostředí Ashby (2009) uvádí nanonátěry proti korozi či nanokompozity pro sílu a tvrdost. V tepelném prostředí se pak jedná o nanoporézní materiály, nanogely a nanopěny k izolaci, či nanotechnologie použité na topné a chladicí zařízení.

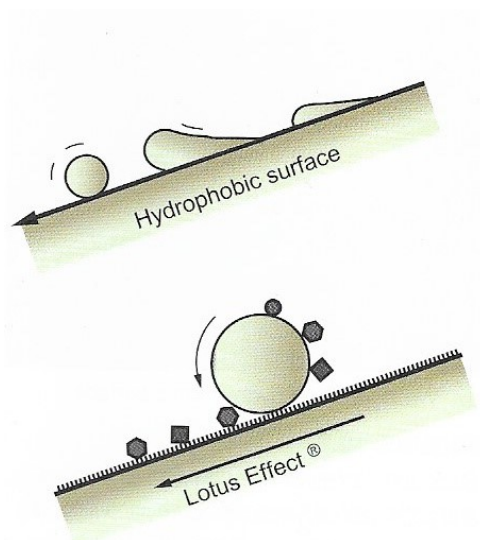
Ashby (2009) také uvádí použití nanoskopických materiálů na samočistící povrchy budov či vozidel, různé nanopěny a gely pro tepelnou izolaci či zpevněné textilie.



Obrázek 10 - The Strucksbarg housing project Zdroj: M.F. Ashby

Jako jeden z příkladů uvádí Ashby (2009) bytový projekt v ulici Strucksbarg v Hamburku od architektů firmy Renner Hainke Wirth Architekten. Jedná se o komplex budov, zobrazen na obrázku 10, který využívá samočistící barvu.

Samočistící barvy či například i okenní výplně potažené nanoskopickými samočistícími a hydrofóbními vrstvami fungují na tzv. Lotosovém efektu, znázorněném na obrázku 11. Fotokatalytický nátěr absorbuje UV energii, která uvolňuje nebo způsobí rozpad částic špíny. Lotosový efekt pak způsobí, že při dešti voda na povrchu tvoří větší kapky, které následně odstraní uvolněné částice špíny. (Ashby, 2009)



Obrázek 11 - Lotosový efekt Zdroj: M.F. Ashby

Samočistící materiály se nevztahují pouze na nátěry či částice v různých materiálech použitých na výstavbu budov, ale používají se také na textilní materiály ve výbavě budov (např. potahy na židle, sedačky).

Dalším příkladem možného využití nátěrů jsou stanice metra v Hongkongu. Zde jsou využity antimikrobiální nanonátěry, které tak chrání obyvatele před bakteriemi a zvyšují hygienickou úroveň města. (Anis, 2016)

Příkladem využití nanonátěrů v České republice jsou hotely v Písku či Českém Krumlově, kde jsou použity nanonátěry od firmy FN-NANO s.r.o. V Olomouci je tímto nátěrem vybaven dokonce i bar, jedná se o první bar ošetřený nanonátěrem v Evropě. Nanonátěry se také hojně využívají v kancelářích, domácnostech a dalších veřejných prostorech.

Jedním z častých využití v designu jsou také modifikace okenních výplní, kde se jedná například o skla absorbující UV záření, což dokáže redukovat vnitřní teplotu, nebo tónovaná skla, která po aktivaci spínačem učiní okno neprůhledným. Tónovaná skla pak mohou sloužit nejen k redukci teploty, ale i k většímu soukromí.

Nanotechnologie jsou také využity v materiálech, které se používají na samotnou stavbu budov. Dochází zejména k obohacení již existujících běžných materiálů nějakými nanotechnologiemi či nanočásticemi. Upravují se tak materiály jako je cement, sklo, ocel či různé polymery.

Takto obohacené materiály, nazývané nanokompozity, se dají nadále lépe upravovat a dokáží třeba zvýšit výdrž stavebních materiálů, jejich pevnost a nosnost či zvýšit odolnost vůči teple.

Jedním z dobře prozkoumaných stavebních materiálů je cement. Například obohacení cementu nanočásticemi oxidu křemičitého zlepší mechanické vlastnosti (zejména pevnost), oxid titaničitý pak činí cement hydrofobním a umožní tak fotokatalytický samočistící efekt, který jsem zmínila dříve. (Leone, 2012)

Jelikož se dá vytvořit mnoho stavebních nanokompozitů, tak je i samozřejmé, že jiné nanokompozity přinášejí mnoho dalších vlastností.

Dle Leoneho (2012), se využitím nanotechnologií v architektuře obohatí nejen funkční aspekt budov, ale také jejich estetika a ekologická efektivnost. Tyto inovace také umožní designerům nový náhled na možnosti využití těchto materiálů v architektuře.

5.2.2 Nanobarvy

Nanobarvy se vyrábí pro různé účely, ale mají společné cíle ohledně vlastností, a to zejména zvýšenou odolnost proti poškrábání a otěru, sílu a udržitelnost barvy. Další vlastností je možnost samočistění, jež byla zmíněna u designu budov. Ashby (2009) také zmiňuje, že některé nanomateriály mohou předat barvám antibakteriální vlastnosti, což lze využít hlavně ve zdravotních zařízeních.

Ashby (2009) také zmiňuje, že ne vždy lze tyto vlastnosti materiálů kombinovat dohromady. Multifunkčnost nanobarev je ovšem značně rozvíjena v oblasti automobilového průmyslu, jako příklad uvádí Ashby (2009) společnost Mercedes-Benz, která používá vrstvy nanočástic na svých automobilech již několik let.

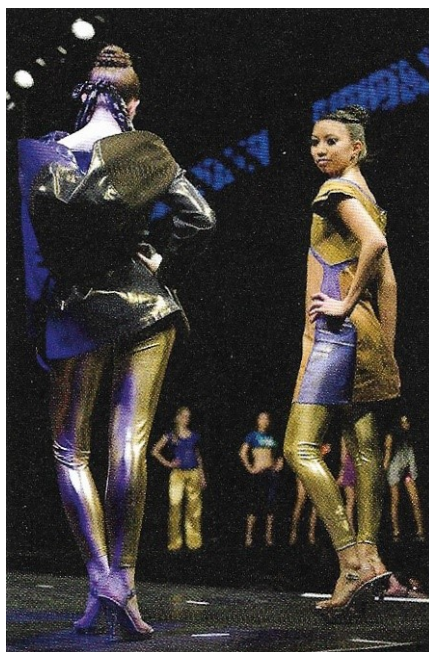
V české oblasti se jedná hlavně o automobilový průmysl, v roce 2015 vědci z TUL vymysleli nanopastu na karosérie aut. Tato pasta z nanokompozitů, která se přidává na lak, chrání karosérie vůči otěru a poškození (časové degradaci). Univerzita také spolupracuje se společností ŠKODA AUTO a.s. (Nanokompozity a plazmatické úpravy, c2019)

5.2.3 Nanotextil

Nanotextil je tvořen z nanovláken, která mají průměr obvykle v rozmezí 50-500 nm. Jako u ostatních materiálů, tak i u textilu slouží nanočástice nejen ke zlepšení vlastností vláken a produktů, ale i k vzniku úplně nových vlastností textilu.

Existuje několik vlastností, které mají všechny typy textilu stejné (trvanlivost, odolnost proti roztržení, aj.), ale většina vlastností se dále liší s ohledem na způsob využití jednotlivých textílů. (Ashby, 2009)

V oblasti módy se jedná zejména o flexibilitu a lehkost materiálu, optické vlastnosti, odolnost vůči skvrnám a vráskám (nemačková tkanina), tepelná odolnost či různé výhody ze zdravotního hlediska. Jako příklad z oblasti módy uvádí Ashby (2009) nanotechnologie použité v šatech navržených studenty z Cornellovy univerzity. Tyto šaty, znázorněné na obrázku 12, mají v sobě zakomponované nanočástice stříbra a palladia, které jim kromě zabarvení dodávají antibakteriální vlastnosti.



Obrázek 12 - Šaty s nanočásticemi stříbra a palladia Zdroj: M.F. Ashby

Z oblasti módy v České republice, lze zmínit studio Lada Vyvialova, které pro své modely využívá českého patentu NanoAg. I zde se jedná o využití nanočástic stříbra pro antibakteriální, protizápachové a samočistící účinky, či pro regulaci teploty. (O nás, c2012-2019)

Dále se nanomateriály využívají také v outdoorovém sportovním vybavení (stany, batohy, boty). Ashby (2009) zmiňuje důležité vlastnosti tohoto vybavení, a to voděodolnost, prodyšnost, síla materiálu a zpomalení či úplná odolnost proti požáru. Taktéž zmiňuje, že do mnoha stanů (hlavně jejich základů) jsou vkládány fotovoltaiické materiály, které slouží k uchování energie.

Dalším příkladem nanotextilu ve sportovním vybavení je tzv. Nanomembrane, která je vyráběná v České republice. Jedná se o nanovláknennou membránu, která je voděodolná, ale zároveň velmi prodyšná, takže odvádí pryč tělesnou vlhkost.

Ashby (2009) vysvětluje, že samotná výroba nanotextilu se dělí na dva způsoby. Jedním z nich je použití potahu nanovrstvy na textil (tento způsob je ještě ve fázi vývoje). Druhým způsobem je natočení nanokompozitních vláken do tkanin textilu. Nanotextil se pak použije do základních konstrukcí textilu nebo se následně přidá do vrstev potahů.

Jako další příklad nanotextilu uvádí Ashby (2009) také dětské hřiště v Japonsku, znázorněné na obrázku 13, které má textilní krytí s fotokatalytickou vrstvou. Tato vrstva pomáhá při samočištění a také dodává odolnost vůči skvrnám. Podobné textilní krytí je využito i v nákupním centru *Columbo Center* v Lisabonu, kde je krytí žáruvzdorné a odolné proti plísním.



Obrázek 13 - Hřiště v Japonsku

Zdroj: M.F. Ashby

V roce 2015 profesor Cornellovy univerzity Juan Hinestroza a jeho studenti začali používat nanočástice v bavlněných materiálech.

Za použití nanočástic zlata a dalších polymerů přeměnili bavlněná vlákna na elektronický komponent, což jim následně umožnilo vytvořit oblečení s vodivými vlákny.

Tímto způsobem pak byly vytvořeny šaty se zabudovanými ultratenkými solárními panely, které jsou schopné nabít telefon, či jiná malá zařízení. Vzniklo tak vlastně takové nositelné elektronické zařízení. Takovéto technologie je možné dále využít v obyčejných tričkách a měřit tak srdeční tep, či je vsít do polštáře a monitorovat mozkové signály. (Friedlander)

Použití bavlny, namísto jiných vláken, umožní textilu zachovat si svou lehkost a flexibilitu, protože použité vrstvy nanočástic jsou velmi tenké.

Nanočástice, které se na bavlnu připojí, předají textilu všelijaké vlastnosti. Dokážou tedy textil například zabarvit, ale hlavně také dokáží zneškodnit vysoká procenta bakterií. Příkladem takového využití je oblek vytvořený studenty Cornellovy univerzity, který v sobě má vestavěné insekticidy pomocí nanočástic s kovovými strukturami (Friedlander). Účelem tohoto obleku bylo odehnat maláriové komáry a poskytnout dlouhodobou ochranu před hmyzem, na rozdíl od běžných repelentů, které se po nějaké době rozptýlí.

Dalším příkladem využití nanočástic v bavlněných vláknech je maska s filtrací, která byla schopná zachytit toxické plyny.

Některé textilní výrobky a různá elektronická zařízení, které obsahují nanotechnologie či různé vestavěné nanočástice, jsou často známy pod pojmy, jako je „chytré oblečení“ či „nositelná elektronika“, které snáze vstupují v obecnou známost.

V oblasti využití nanotechnologií v textilním designu má Česká republika široké zastoupení. Jako příklad lze uvést společnost NanoSPACE s.r.o., která nabízí protiroztočové lůžkoviny, které ocení alergici, nebo například nano kravaty, které jsou odolné vůči znečištění. Další společností je Nanotrade s.r.o., která se zabývá nejen výrobou funkčního oblečení, ale i různými výrobky pro povrchovou ochranu a využití ve zdravotnictví.

5.2.4 Sport

Značné využití nanomateriálů lze také spatřit ve sportovním průmyslu. Krom outdoorového oblečení, jež jsem zmínila dříve, se dle Ashbyho (2009) takovéto úpravy týkají několika sportovních odvětví. Zmiňuje například speciálně upravené tenisové rakety zpevněné uhlíkovými nanotrubicemi, tenisové míčky, golfové vybavení či závodní kola.

Jedním z uvedených příkladů je použití uhlíkových nanotrubic. Tyto nanotrubice formují nanokompozitní materiály, které se dále využívají v hokejkách či baseballových pákách. (Ashby, 2009)

Uhlíkové nanotrubice byly například také využity v roce 2008 firmou Adidas, která vyvinula speciální běžecké boty pro sprintera Jeremyho Warinera, který je využil na letní olympiádě v Pekingu. Tato úprava zvýšila odolnost bot (hlavně hřebové podrážky) a zároveň snížila hmotnost celé boty. (Anis, 2016)

Cílem nanotechnologií ve sportovním odvětví je dle Ashbyho (2009) zlepšení výkonnosti a lehkosti vybavení a zvýšení bezpečnosti uživatelů. S využitím nanotechnologií ve sportovním vybavení může být ovšem i problém, poněvadž neexistuje dostatek regulačních norem, které by mohly posoudit bezpečnost některých vybavení.

Nevýhodou tohoto vybavení je jeho nedostupnost pro širokou veřejnost, s použitím nanotechnologií se výroba prodrazí a pro neprofesionální sportovce se stávají takto vylepšená vybavení nepotřebnými.

V této kapitole jsem uvedla možné využití nanotechnologií v architektuře, textilu, sportu, atd., zajisté ovšem existuje mnoho dalších využití nanotechnologií v rámci designu, které jsem nezmínila. Na závěr musím ovšem podotknout, že technologie nanočástic jsou také velmi využívány i v běžných produktech každodenního života (čisticí prostředky, ochrana brýlí, kosmetika, atd.).

6 Nanotechnologie v kultuře

Nanotechnologie a povědomí o ní nebo o jejím využití se však neformuje pouze z oficiálních vědeckých poznatků či ze zapojení tohoto oboru v různých odvětvích. Mnoho lidí si vytváří názory na tyto technologie i ze zmínek v populární kultuře.

Velký vliv na názor o tomto oboru má tedy také fikce, ať už se jedná o literaturu, komiksy, filmy a seriály, či počítačové hry.

V literatuře se pojem nanotechnologie a spolu s ní různé související vynálezy objevuje už nějakou tu dobu a to zejména ve spojení se sci-fi a fantasy žánrem. Jako příklad lze uvést román *Kořist* od Michaela Crichtona, který stojí například i za knihou *Jurský park*. V románu *Kořist* nanoroboti nabydou vědomí a začnou ohrožovat lidstvo. Vystává zde tedy opět problém spojený se sociálními riziky, která mohou nanotechnologie přinášet.

Hojné zastoupení nanotechnologie a jejích vynálezů (hlavně nanoroboti či nanité) je i v mnoha filmových snímcích. Uvést lze například filmy *Já, robot*, *Transcendence* či filmy z produkční společnosti Marvel, kde několik superhrdinů (Iron Man, Black Panther) využívá právě nanity na své speciální obleky. Ze seriálové produkce lze zmínit *Červeného trpaslíka* či *Pána času*, kde se nanotechnologie vyskytují poměrně často.

Z počítačových her lze například zmínit sérii akční hry *Crysis*, kde je možnost vybavit hlavního hrdinu nano oblekem, který má větší odolnost a také dokáže fungovat jako maskovací zařízení.

Tyto fiktivní příběhy většinou ovšem nedodržují vědecké poznatky a možnosti, a tak působí nanotechnologie spíše jako takový pojem, pod který se vejdou všemožné, často nevysvětlitelné, technologické vynálezy, které se hodí do příběhu. Často se tyto díla spojují s pseudovědou. Přesto je však nutné zmínit, že mnoho lidí přichází do styku s nanotechnologiemi právě skrze tyto příběhy.

Ať už jsou nanotechnologické vynálezy ve fiktivním světě jakkoliv zajímavé, v realitě většina těchto věcí nefunguje, což ovšem neznamená, že vědecky přesné fiktivní příběhy neexistují nebo že bychom se tímto způsobem nemohli seznámit s nanotechnologiemi a s nimi souvisejícími otázkami.

7 Porovnání světové a české produkce

Tato závěrečná kapitola se bude věnovat rešeršní části mé bakalářské práce, která byla doplněna rozhovory s odborníky. Popíši vybrané metody k získání informací, které byly následně využity k porovnání. Porovnání je zpracováno v oblasti rozvoje, současného stavu a dalších aspektů v oblasti nanotechnologie v České republice, vůči ostatním zemím ve špičce oboru. Hlavním cílem této kapitoly bylo utvoření závěru o postavení České republiky v oboru nanotechnologií.

K porovnání byly použity informace získané z kvalitativního výzkumu, který byl zvolen z důvodu specifického zaměření práce. K výzkumu bylo využito dotazníkové šetření s otevřenými otázkami.

Otázky byly následující:

1. Co si myslíte, že podnítilo zájem o nanotechnologie v ČR?
2. Myslíte si, že by se měl obor nanotechnologie stát součástí učebních osnov a vzbudit tak povědomí o oboru u mladých studentů a podnítit jejich zapojení v budoucnu?
3. Myslíte si, že je úroveň nanotechnologie v ČR srovnatelná s ostatními státy (EU, USA)? Které státy jsou největšími konkurenty ČR v tomto oboru?
4. Vidíte budoucnost nanotechnologických firem v ČR pozitivně? Prorazila nějaká česká firma s nano výrobkem na světovém trhu?
5. Je nějaký další významný vynález (jako např. Nanospider), kterým se Česká republika proslavila v celosvětovém měřítku?
6. Jak rozsáhlé je využití nanotechnologií v designové sféře v ČR? (design textilií, využití v architektuře, automobilový průmysl, atd.)
7. V Praze sídlí výzkumné centrum pro nanoroboty, tento výzkum se soustředí například na zapojení do lékařství či ekologie. Je možné zapojení nanorobotů i do textilního průmyslu? (např. ochranné oděvy)
8. S nanotechnologiemi souvisí tak tzv. nanoart, znáte nějaké významné umělce nanoartu z ČR nebo ze zahraničí? Je možný přístup k vědeckým přístrojům široké veřejnosti, např. kvůli tvorbě nanoartu?
9. V rámci programu Česko je Nano probíhají různé akce, jako např. Nanodny, kde se představují novinky v oboru. Existují nějaké podobné akce spojené s využitím nanotechnologií v umění?
10. Na základě Vašich zkušeností s nanotechnologiemi, existují nějaká rizika, spojená s tímto oborem, která Vám dělají obavy?
11. Ve sci-fi kultuře se často objevují katastrofické náměty – zneužití nanotechnologií zločinci, vymknutí kontroly nad ovládáním nanorobotů. Může se něco takového vůbec stát?

Osloveni byli lidé zabývající se oborem nanotechnologie. Dotazník nakonec zodpovědělo 5 odborníků.

Výzkumný vzorek se tedy skládá z pěti osob, čtyř mužů a jedné ženy. Jedná se o odborníky, kteří se zabývají tématem nanotechnologií z vědeckého hlediska, vedou v oboru příslušné organizace či ho vyučují.

Jaromír Pištora je profesorem na VŠB – Technická univerzita Ostrava a také je ředitelem Centra nanotechnologií. Je spoluautorem několika významných publikací a řešených projektů v oblasti nanotechnologie.

Pavla Čapková je profesorkou na Přírodovědecké fakultě Univerzity J. E. Purkyně a je také garantem studijního předmětu Nanotechnologie. Zároveň je také vedoucí Ústeckého materiálového centra a autorkou několika vědeckých publikací v impaktovaných časopisech.

Jiří Kůs je předsedou výkonné rady Asociace nanotechnologického průmyslu ČR a spoluzakladatel nanotechnologické firmy nanoSPACE. Také stojí za projektem Česko je nano, jehož součástí jsou i Nanodny.

Tomáš Šíkola je vedoucím výzkumného programu Příprava a charakterizace nanostruktur pro CEITEC a profesorem na Masarykově univerzitě v Brně. Je také autorem několika publikací a projektů v oboru nanotechnologií.

Martin Kormunda je členem oddělení experimentální fyziky na Přírodovědecké fakultě Univerzity J. E. Purkyně a je zapojen do výzkumu v oblasti MATEQ. Je také autorem několika vědeckých publikací v oboru nanotechnologií.

Porovnání informací získaných z dotazníků s informacemi uvedenými v teoretické části této práce jsem rozdělila do čtyř kategorií. V první kategorii je zahrnut vývoj, výzkum a výuka a rizika oboru nanotechnologií, další kategorie se poté týkají zastoupení České republiky v designu a nanoartu. Poslední kategorie se zabývá současným stavem oboru. Shrnutí výstupů a utvořený závěr o postavení České republiky v tomto oboru uvádím v závěru.

7.1 Výzkum, vývoj a výuka

Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, Česká republika měla na rozdíl od ostatních států malé zpoždění z hlediska vývoje, výzkumu a vzdělávání v oboru nanotechnologií. První projekty byly podporovány až v roce 1993 (vůči například Velké Británii, kde byly první projekty schváleny již v roce 1989), první národní program byl vytvořen až v roce 2002 a dle Prnky (2004) do roku 2003 nebyl v naší republice zaznamenán žádný patent v tomto oboru.

Velmi důležitým faktorem, který stojí za úspěchy v oboru, je podnícení zájmu o nanotechnologie. Za zájmem České republiky o nanotechnologie stojí dle profesora Jaromíra Pištory: „*perspektivní aplikace*“. Profesorka Pavla Čapková zmiňuje, že za podnícením zájmu také stojí: „*Celkový trend ve světě a taky to, že jsme měli techniku pro pohled do nanosvěta.*“ Pan Jiří Kůs uvádí: „*(...) ČR se patentem stroje na průmyslovou výrobu nanovláknů v r. 2004 zařadila mezi první země na světě, kde se na počátku 21. století přesunuly nanotechnologie z vědeckých laboratoří do průmyslové výroby. To byl asi ten bezprostřední impuls, velkou roli sehrála s tím související propagace nanotechnologií na TUL a založení firmy Elmarco (...).*“ Docent Martin Kormunda uvedl: „*Zájem o nějaký obor vždy dobře povzbudí dosažené úspěchy a jejich propagace (...)*“

Profesor Tomáš Šíkola zmínil: „*Z počátku sehrálo roli i určité mystično spojené se sci-fi literaturou, nyní je to především možnost poznávat nové jevy, které se nedají pozorovat v makrosvětě a s tím související velký aplikační potenciál.*“ Je tedy vidět, že míru zájmu povzbudily nejen perspektiva oboru a jednotlivé úspěchy, ale také zastoupení oboru v oblasti kultury.

Postupem času se ovšem výzkum a vývoj nanotechnologií u nás začal mnohem více podporovat a stoupla i publikační činnost v rámci tohoto oboru. Jedním z ukazatelů, které mohou naznačit, jak si stát vede v mezinárodním měřítku, je citační výkon. Mezi vědecká centra, která mají v ČR největší citační úspěch, se řadí například CEITEC v Brně, Regionální centrum pokročilých technologií a materiálů v Olomouci, Centrum pro nanotechnologie, pokročilé technologie a inovace v Liberci, Centrum excelence v Ostravě či vědecká centra v Plzni. Je jich samozřejmě ale daleko více.

V oblasti vzdělávání byla otázka hlavně o zařazení nanotechnologií do učebních osnov. Profesor Pištora a profesorka Čapková zmínili, že nanotechnologie jsou součástí učebních osnov na vysokých školách. Profesorka Čapková ještě podotkla: „*... na středních školách pořádáme semináře a obvykle i necháváme pedagogům na SŠ naše prezentace.*“ Pan Kůs zmínil: „*Bylo by dobré, kdyby se nanotechnologie dostaly do učebních osnov středních škol.*“ Naopak profesor Šíkola uvedl: „*Nemyslím si, je potřeba spíše promítnout nanotechnologické principy do odpovídajících oborů a předmětů.*“ Podobně odpověděl i docent Kormunda: „*Raději ne, špatná výuka je horší než žádná výuka. Není třeba se složitými jevy spěchat, na VŠ to stačí. Zájemcům nic nebrání v samostudiu, takže nadaní si poradí sami.*“

V práci jsem také zmiňovala možná rizika, která nanotechnologie mohou představovat. V této otázce respondenti zmiňovali zejména vliv volných nanočástic na životní prostředí. Profesorka Čapková uvedla: „*Ano, určitě existují rizika (...), víme o nich, studujeme je, máme obor nanotoxikologie. Snažíme se připravovat nanomateriály tak, aby manipulace s nimi a jejich využití eliminovaly tato rizika.*“ Pan Kůs uvedl: „*Každá technologie v sobě nese nové možnosti i rizika, nicméně např. nanotoxicita se důkladně zkoumá už několik desítek let, nejde tedy v současnosti už o tak velkou novinku. Díky rozsáhlému výzkumu věnovanému bezpečnosti nanotechnologií a propracované evropské legislativě se nemusíme nanotechnologií bát. (...)*“ Docent Kormunda: „*Ano, rizika existují vždy. Volné nanočástice jsou významně nebezpečné – příklad může být azbest, který má vlákna s částečně nano rozměry.*“ Z této otázky tedy vyplývá, že je nutné nanočástice a možná rizika pečlivě zkoumat a konzultovat, k čemuž dochází hlavně v oboru nanotoxikologie. Toto téma se také probírá na vědeckých konferencích.

V rámci rizik jsem se dotazovala i na možnost katastrofálních námětů. Ohledně zneužití nanotechnologií odpověděla většina respondentů s tím, že vše je možné. Profesor Pištora: „*Nevím, nedokáži posoudit, ale obecně je vše možné.*“ Profesorka Čapková uvedla: „*Zneužit se dá jakýkoliv poznatek vědy, v tom nanotechnologie nejsou žádnou zvláštní výjimkou.*“

V otázce ztráty kontroly nad nanoroboty odpověděl pan Kůs: „*(...) Nanoroboty si spíš představte jako nanokapsle nebo nanotrubičky sofistikovaně navigované třeba světlem nebo pomocí chemických receptorů.*“ Profesor Šíkola: „*Tato debata intenzivně probíhala asi před deseti lety mezi vědci a popularizátory. Obavy byly spíše vyvráceny.*“

7.2 Nanoart

Co se týká zastoupení v oblasti nanoartu, tak to není v ČR tak rozsáhlé ve srovnání se Spojenými státy či jinými zeměmi v Evropě, jak jsem již zmiňovala v kapitole předešlé.

Na otázku, zda jsou respondenti seznámeni s nanotechnologiemi souvisejícím nanoartem, odpověděla většina respondentů kladně. S konkrétními umělci byl seznámen pouze jeden respondent, který uvedl Dr. I. Vávru.

K otázce použití vědeckých nástrojů k nanoartu se vyjádřili dva respondenti. Profesorka Čapková uvedla: „*Na drahé přístroje si žádný vědec nepustí nikoho. Diagnostika materiálů je drahá záležitost. (...)*“ Docent Kormunda: „*(...) Přístup k přístrojům bude*

vzhledem k jejich ceně a provozním nákladům vždy velice omezený nebo pak placený.“ Z čehož vyplývá, že nanoart není veřejně přístupná záležitost a patrně se jedná i o složitý proces.

Akcí či expozic v České republice, které se zabývají nanoartem, je zatím velmi málo, spíše prakticky neexistují. Většina respondentů uvedla, že takové akce neznají či pouze okrajově vědí o Dnech Nanotechnologií a dalších vědecky orientovaných nanotechnologických akcích. Pan Kůs uvedl: *„S nanoartem jsem se setkal v českém prostředí zatím pouze v expozici Nanormální svět (...) a aktuálně se tím zabývají i u firmy Tescan. (...) vím jen o některých aktivitách TUL týkajících se propojování umění a nanovlákn.*“

Publikace spojené s tímto tématem v českém jazyce, natož s českými autory nanoartu prakticky neexistují, většina informací je tedy dostupná pouze online či ze samotných výstav umělců a konferencí zabývajících se nanotechnologiemi, zde se většinou jedná pouze o nějaké zmínky.

7.3 Design

V oblasti designu je zastoupení v České republice ovšem významnější. Jde zejména o výrobu a design textilních materiálů, které kladou důraz na praktičnost a vylepšení potřebných vlastností v určitých odvětvích. Velké zapojení má v tomto oboru zejména Technologická univerzita v Liberci.

V České republice je také nespočet firem zabývajících se právě využitím nanotechnologií v textilu. Dále se jedná také například o nanomembrány ve sportovním oblečení a samočisticí textilie na domácím vybavení. Ze zastoupení v módní oblasti se jedná například o studio od návrhářky Lada Vyvialova, kterou zmínil i pan Kůs.

Na otázku zapojení nanorobotů do textilního průmyslu odpověděla profesorka Čapková a pan Kůs negativně, a to tak, že takové zapojení nedává smysl a ani se o něm neuvažuje. Docent Kormunda uvedl: *„Spíše ne, vedlo by to na vysoké výrobní náklady.*“

Dále se ČR zabývá designem hlavně v oblasti stavebnictví a automobilovém průmyslu. Pan Kůs uvedl: *„ (...) v automobilovém průmyslu se asi nejvíc prosadí plochá nanooptika.*“ Profesor Pištora zmínil taktéž využití v leteckém průmyslu. Docent Kormunda uvedl: *„V automotive je nanotechnologie (tenké vrstvy) zásadní již dlouho, také v elektronice, ale ostatní obory jsou spíše marketing než skutečná inovace.*“

Nejen zde lze nanotechnologie využít, profesorka Čapková také například uvádí: *„Využití je velmi široké od ochrany životního prostředí (nanočástice rozkládající polutanty ve*

vzduchu i vodě, nanovlákně filtrace), nanomateriály pro biomedicínské aplikace (nové lékové formy se selektivním transportem v organismu, nanomateriály pro tkáňové inženýrství) (...).“ Vyplývá tak, že využití v tomto směru je opravdu široké a Česká republika se v něm angažuje ve velké míře.

7.4 Současný stav

K současnému stavu se vyjádřím v následujících odstavcích, je však důležité zmínit i významné vynálezy, které nás proslavily v celosvětovém měřítku.

V první kapitole jsem zmiňovala vynález přístroje Nanospider v roce 2004. Další významné vynálezy či přístroje od respondentů zmíněné nebyly, ale velmi důležité jsou také další objevy. Na otázku z této oblasti odpověděl profesor Pištora: „*Např. příprava mikro a nanočástic.*“ Profesorka Čapková uvedla: „*Např. design nových lékových forem.*“ a pan Kůs zmínil: „*Samočistící nano nátěry, nanooptika, elektronové mikroskopy.*“

Na otázku, zda jsou nanotechnologie v České republice srovnatelné s ostatními státy, odpověděla většina respondentů kladně. Profesorka Čapková uvedla: „*ANO, určitě pokud jde o nanovlákná, nanopovrchy a nanočástice a nanomateriály pro ochranu životního prostředí.*“ Pan Kůs zmínil: „*Česká republika patří určitě ke světové špičce v průmyslových aplikacích nanotechnologií.*“ Profesor Šíkola ovšem uvedl: „*Stále je třeba dohánět kvalitu výzkumu typickou pro vyspělé země. (...)*“ Docent Kormunda odpověděl: „*Není a nebude, množství investovaných peněz v celé ČR je jako na jedné nebo dvou světových univerzitách. (...).*“

Pokud jde o největší konkurenty České republiky v tomto oboru, shodla se většina respondentů na státech USA a Japonska. Dále byly zmíněny státy – Velká Británie, Francie, Německo, Čína, Izrael. Pan Kůs také uvedl: „*(...) začíná se prosazovat i Indie a Írán.*“ Profesor Šíkola uvedl důležitý aspekt této otázky: „*(...) O konkurenci bych nemluvil, spíše o vzorech.*“

V otázce prosazení českých nanotechnologických firem na světovém trhu bylo respondenty zmíněno firem ihned několik. Zmíněny byly firmy orientované na výrobu zařízení pro výzkum, jako jsou Elmarco (Nanospider), NenoVision, Thermo Fischer a firma Tescan, která vyrábí elektronové mikroskopy. Další zmíněné české firmy, které se zabývají nanotechnologiemi, jsou Nanovia Litvínov, Contipro, IQ Structures, Advanced Materials JTJ a Optaglio. Všichni Respondenti vidí budoucnost nanotechnologických firem v České republice pozitivně.

8 Závěr

V bakalářské práci jsem charakterizovala pojmy nanotechnologie, nových materiálů a dalších termínů použitých v této práci. Nastínila jsem vývoj oboru v jednotlivých zemích Evropy, v USA a také v České republice a zmínila jsem využití oboru v různých oblastech. Tato teoretická část sloužila tedy jako uvedení do problematiky oboru, ale také ukázala, že i přes desítky let nemá nanotechnologie svoji přesně danou definici a nemá pevně ustálenou terminologii, což je dáno především jejím interdisciplinárním rozpořádáním.

Další část této práce se zabývala porovnáním úrovně a různých aspektů nanotechnologií v České republice s úrovní různých států ve světě. Za pomoci odborníků, kteří ochotně odpověděli na můj dotazník, jsem byla schopna udělat závěr o postavení České republiky v nanotechnologickém světě.

Práce tedy ukázala, že obor nanotechnologií se u nás činí bohatými úspěchy, ať už z hlediska zájmu veřejnosti, kde je velká snaha zviditelnit zájem o vědu a informovanost společnosti (například pořádáním akcí *Nanoden*), či ve vědecké oblasti, kde se jedná o pořádání mezinárodních konferencí, vydávání nových patentů a zcela nové objevy a inovace.

Zastoupení v oblasti designu je v České republice velmi prosperující. Jedná se zejména o zastoupení v produkci textilního odvětví, kde se nejvíce angažuje Technická Univerzita v Liberci a několik dalších firem. Dále je zde asi nejvíce rozvinutý automobilový průmysl, kde se nanotechnologie uplatňují zejména v aplikaci nanonátěrů, nanooptice a elektronice. V neposlední řadě zmíním využití v architektuře, lékařství a také významné aplikace v životním prostředí. V této oblasti nanotechnologie je Česká republika asi nejvíce srovnatelná s dalšími státy.

Oblast nanoartu je ovšem v České republice, na rozdíl od jiných zemí, stále teprve ve fázi rozvoje. Informace spojené s tímto tématem jsou široké veřejnosti málo dostupné, jelikož je většina pořádaných nanotechnologických akcí zaměřená čistě na vědecké hledisko oboru. Samotná produkce nanoartu je také nejspíš velmi složitá, i tím tak lze vysvětlit velmi malé zastoupení.

Práce a informace od odborníků poukázaly, že vzdělávání v oboru je dostupné ve velké většině jen na vysokých školách, což ovšem podle některých odborníků není negativní věc. Také bylo připomenuto, že je velmi důležité sledovat a vzdělávat se ohledně rizik, které tyto technologie přináší.

Práce také poukazuje, jak běžné využití nanotechnologií a různých nanočástic v produktech je, a to nejen v oblastech průmyslu, ale také v oblasti každodenního používání.

Lze tedy říct, že oproti pomalejším počátkům se Česká republika v průběhu let dokázala dostat na přední příčky světového žebříčku v oblasti nanotechnologií a udělat si v tomto oboru také dobré jméno. Jedním z nynějších důležitých cílů je tedy stále zlepšovat kvalitu výzkumu a výuky a dokázat, že Česká republika na přední pozici v oboru patří.

Dalším cílem, kterému napomáhá i Asociace nanotechnologického průmyslu ČR, je nadále prezentovat české firmy v zahraničí a uvést tak Českou republiku jako světového producenta nanotechnologií a ustálit tak naši pozici na předních příčkách oboru.

Myslím, že nebude přehnané říci, že Česká republika bude v nadcházejících letech v oboru prosperovat a přicházet s dalšími úžasnými objevy a inovacemi. Snad se do budoucna představí i nějaká nová umělecká díla v tomto oboru.

9 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Lycurgus cup	21
Obrázek 2 - Actual Size.....	22
Obrázek 3 - zámek Eltz	23
Obrázek 4 – Trust a Bull	23
Obrázek 5 - Proteinové dílo	24
Obrázek 6 - Slunce	24
Obrázek 7 - Millefiori	25
Obrázek 8 - Nanobama.....	25
Obrázek 9 - Field of Sunflowers.....	28
Obrázek 10 - The Strucksbarg housing project	30
Obrázek 11 - Lotosový efekt	31
Obrázek 12 - Šaty s nanočásticemi stříbra a palladia.....	33
Obrázek 13 - Hřiště v Japonsku.....	34

10 Použité zdroje

ANIS, Mohab. *Nanovate: commercializing disruptive nanotechnologies* [online]. New York, NY: Springer Science Business Media, 2016. [cit. 2019-04-27]. ISBN 978-3-319-44861-9.

Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-3-319-44863-3_10

ASHBY, M. F., Paulo J. FERREIRA a Daniel SCHODEK. *Nanomaterials, nanotechnologies and design: an introduction for engineers and architects*. Burlington: Butterworth-Heinemann, c2009. ISBN 978-0-7506-8149-0.

BEDNÁŘ, Bohumil, Vratislav FLEMR a Bohumil KRATOCHVÍL. *Nové materiály: Stručná informace o vlastnostech a použití*. Praha: VŠCHT, 1991, 208 s. ISBN 80-7080-098-4.

BÜRDEK, B. E. et al. *Design : History, Theory and Practice of Product Design*. Basel: Birkhäuser. 2015. [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=1061145&lang=cs&site=eds-live&scope=site>

DE RIDDER-VIGNONE, K.D. Public Engagement and the Art of Nanotechnology. *Leonardo* [online]. 2012, **45**(5), 433-438 [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: databáze EBSCOhost

Discovery of graphene, c2018. *The University of Manchester* [online]. Manchester [cit. 2019-06-01]. Dostupné z: <https://www.graphene.manchester.ac.uk/learn/discovery-of-graphene/>

FRIEDLANDER, Blaine, Nanotech transforms cotton fibers into modern marvel. In: *Cornell Chronicle* [online]. Ithaca, July 7, 2015 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: <http://news.cornell.edu/stories/2015/07/nanotech-transforms-cotton-fibers-modern-marvel>

GRUNWALD, Armin. Nanotechnology — A new field of ethical inquiry?. *Science and Engineering Ethics* [online]. 2005, **11**(2), 187-201 [cit. 2019-07-22]. DOI: 10.1007/s11948-005-0041-0. ISSN 1353-3452. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11948-005-0041-0>

KOPŘIVA, Pavel, Interview: Nanoportrét. In: *PORT TV* [online]. ČT, 9. ledna 2008, [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.ceskatelevize.cz/porady/10121359557-port/245-nanoportret/video/>

LEONE, Mattia Federico. Nanotechnology for Architecture. Innovation and Eco-Efficiency of Nanostructured Cement-Based Materials. *Journal of Architectural Engineering*

Technology[online]. 2012, **01**(01) [cit. 2019-04-26]. DOI: 10.4172/2168-9717.1000102. ISSN 21689717. Dostupné z: <https://www.omicsonline.org/open-access/nanotechnology-for-architecture-innovation-and-eco-efficiency-of-nanostructured-cement-based-materials-2168-9717.1000102.php?aid=6508>

Moving Atoms: Making The World's Smallest Movie, In: *Youtube* [online]. 30. 4. 2013 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=xA4QWwaweWA>

Nanokompozity a plazmatické úpravy, c2019. *Nano.TUL.cz* [online]. Liberec [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://nano.tul.cz/tymy/nanokompozity-a-plazmaticke-upravy>

Nanospolečenství, Linda Čihařová [online]. 20.12.2009 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <http://www.lindacihar.com/?p=1895>

Nanotechnology in France: Market Report, c2000-2019. In: *AZoNano* [online]. Oct 9, 2014 [cit. 2019-06-02]. Dostupné z: <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3501>

O nás - Nanoasociace, c2019. *Nanoasociace - asociace nanotechnologického průmyslu ČR* [online]. Praha [cit. 2019-03-23]. Dostupné z: <http://www.nanoasociace.cz/o-nas/>

O nás, c2012-2019. *Ladavyvialova.cz* [online]. Příbor [cit. 2019-05-29]. Dostupné z: <http://www.ladavyvialova.cz/studio-2/>

PRNKA, Tasilo a Karel ŠPERLINK. *Šestý rámcový program evropského výzkumu a technického rozvoje*. vyd. první. Ostrava: Repronis, 2004. ISBN 80-732-9070-7.

PRNKA, Tasilo. *Výzkum nanotechnologií a nanomateriálů v Evropě a USA*. Vyd. 1. Ostrava: Repronis Ostrava pro Českou společnost pro nové materiály a technologie, 2001. 67 s. Pátý rámcový program evropského výzkumu a technického rozvoje; [vol.] 5. ISBN 80-86122-86-7.

SHRBENÁ, Jiřina a ŠPERLINK, Karel. *Nanotechnologie v České republice 2012*. 1. vyd. Praha: Septima, 2012. 367 s. ISBN 978-80- 7216-305- 2.

Vláknenné nanomateriály, c2019. *Nano.TUL.cz* [online]. Liberec [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://nano.tul.cz/tymy/vlakenne-nanomaterialy>

YETISEN, Ali K., Ahmet F. COSKUN, Grant ENGLAND, et al.. Nanoart: Art on the Nanoscale and Beyond (Adv. Mater. 9/2016). *Advanced Materials* [online]. 2016, **28**(9), 1713-1713 [cit. 2017-04-29]. DOI: 10.1002/adma.201670056. ISSN 09359648.